

# Simulation des conséquences économiques de différentes stratégies fourragères avec foin face aux aléas climatiques en élevage bovin laitier

AUBRON C. (1), LURETTE A. (2), MOULIN C.-H. (1)

(1) Montpellier SupAgro, UMR ERRC, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1, France

(2) INRA, UMR ERRC, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1, France

## RESUME

Au cours des années 2000, les élevages de la zone péri-méditerranéenne ont été confrontés à de forts aléas climatiques, qui contribuent à fragiliser leur équilibre économique. Des enquêtes ont mis en évidence que l'impact des aléas est différencié suivant les stratégies fourragères. Pour affiner ce diagnostic et évaluer l'opportunité de changements de stratégie fourragère, nous avons construit un simulateur permettant de mesurer l'impact de scénarios climatiques annuels sur les résultats économiques. Cette démarche a été appliquée à des exploitations types bovin lait de moyenne montagne, en système tout herbe, avec différents niveaux d'autonomie fourragère. La production fourragère est simulée selon 8 scénarios climatiques. Le fonctionnement des exploitations-types en année normale est représenté ainsi que les achats de fourrage nécessaires pour faire face aux déficits fourragers liés aux aléas climatiques. Le calcul des variations des résultats économiques sous différents scénarios climatiques annuels et pluriannuels permet d'évaluer la sensibilité des stratégies fourragères. Le coefficient de variation (CV) est utilisé comme mesure de la sensibilité du système. Lorsque l'autonomie fourragère augmente de 20 %, le CV des résultats économiques diminue de 85 %, l'exploitation est donc beaucoup moins sensible aux aléas climatiques. Cependant, la perte de revenu, liée à une diminution de 17 % du chargement, disqualifie *a priori* cette stratégie fourragère.

## Economic simulation of various forage strategies coping with climatic hazards on the dairy cattle farm

AUBRON C. (1), LURETTE A. (2), MOULIN C.-H. (1)

(1) Montpellier SupAgro, UMR ERRC, 2 place Viala, 34060 Montpellier cedex 1, France

## SUMMARY

During the last decade, herds of peri-Mediterranean areas have been faced with high climatic hazards, which have contributed to weakening their economic equilibrium. Survey studies highlighted that the hazard impact depends on the strategies of the farmers, related to forage autonomy. In order to indicate this observation and to assess the opportunity of changing fodder strategy as an adaptation to face up to climatic hazards in the long term, we elaborated a simulator that allows measuring the impact of several annual climatic scenarios on economic results. This approach was applied on dairy cattle farm-types from mountainous area in the south of France (Ardèche), with forage systems based on grass (hay and pasture), using several levels of fodder autonomy. The forage production was simulated for several types of meadows/grasslands under eight annual climatic scenarios. The farm-type functioning is represented during a normal year scenario, then its yearly adaptations to face up to climatic hazards, especially in terms of fodder purchases, and its related economic consequences. Calculation of variations of economic results under several annual or multi-annual scenarios allows assessing the sensitivity of forage autonomy strategies in view of climatic hazards. We used the coefficient of variation (CV) as a measure of the system sensitivity. For a rise of 20 % in the fodder autonomy, CV of economic results was reduced by 85 %; such a farm is therefore less sensitive to climatic hazards. However, the economic losses due to a lower stocking rate (- 17 %), lead to *a priori* disqualify this forage strategy.

## INTRODUCTION

Au cours des années 2000, les élevages ont été confrontés à de forts aléas climatiques, qui contribuent à fragiliser leur équilibre économique. Ceci est d'autant plus marqué dans la zone de transition entre climat méditerranéen et tempéré (Lelièvre et al., 2010). Des travaux sont menés depuis 2008 en Ardèche (plateau ardéchois et Haut-Vivarais), caractéristique de cette zone de transition. Des enquêtes ont mis en évidence des impacts différenciés de ces aléas en fonction des stratégies fourragères (Moulin et al., 2009). Dans les systèmes tout herbe, 3 stratégies se dégagent : i) « *autonomie limitée* », avec une autonomie fourragère à peine atteinte en bonne année et achat de fourrages en mauvaises années ; ii) « *très forte autonomie par surcapacité* », avec des reports de foin d'une année à l'autre ; iii) « *externalisation de la production fourragère* », avec des achats réguliers de fourrages de très bonne qualité.

Dans ces stratégies, le principal ajustement est l'achat de fourrage. Celui-ci a des répercussions sur les résultats économiques qui n'étaient pas faciles à évaluer finement par enquête. L'objectif est ici d'apprécier les conséquences économiques des aléas climatiques, afin d'évaluer l'opportunité de changements de stratégie fourragère, en tant qu'adaptation face aux aléas climatiques sur le long terme. Pour cela nous avons développé un simulateur que nous avons appliqué à des exploitations bovines types. La stratégie fourragère d'externalisation de la production fourragère concerne principalement les élevages caprins et ne sera donc pas étudiée dans cette communication.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. ELABORATION D'UNE EXPLOITATION TYPE TOUT JUSTE AUTONOME

Une exploitation type a été construite à partir des données d'enquêtes chez 5 éleveurs en Ardèche (Moulin et al., 2009) et d'un cas-type Bovin Lait Rhône Alpes des Réseaux d'Élevage. C'est une exploitation laitière bovine, avec un

système fourrager tout herbe, en moyenne montagne (600 mètres d'altitude). La SAU est de 55 ha, tout en herbe, dont 31% de prairies temporaires. Les prairies sont réparties en type A (14 %), B (52 %) et C (34 %), selon les types de végétation proposés par Cruz et al. (2002). Le troupeau est de 30 vaches laitières et leur suite, soit 47,4 UGB et un chargement de 0,86 UGB / ha. Le quota est de 156 000 litres, avec 5 200 litres de lait / VL / an.

Une analyse climatique a été réalisée pour la station de Colombiers de 1980 à 2009 (Lelièvre et al., 2010), en simulant la production fourragère permise par les prairies. Les années sont distinguées selon le ratio production en sec par rapport au potentiel en irrigué, sur la période mai-août. Le changement climatique s'exprimant essentiellement sur cette période avec une augmentation de l'ETP de 125 mm en 30 ans. L'année climatique normale est défini à partir du climat d'une année exprimant le ratio de production sec/irrigué médian pour les 30 années étudiées (soit 0,64).

Pour l'année climatique normale, la production de biomasse varie de 4,4 à 7,9 tonnes de MS à l'hectare, selon le type de prairie (Ruget et al., 2009). L'exploitation présente alors une autonomie fourragère (AF) de 1. L'AF est évaluée en rapportant la somme de la matière sèche de fourrages valorisés (stocks réalisés plus prélèvement au pâturage) aux besoins théoriques du troupeau sur l'année, soit 5 t MS / UGB. L'exploitation type est tout juste autonome en année normale : elle ne constitue pas de stock de sécurité et n'achète pas de fourrages. L'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) est alors de 32 730 €, pour la conjoncture économique de 2004.

## 1.2. CONSTRUCTION D'UN SIMULATEUR

Le simulateur représente la gestion des fourrages, en considérant les flux de matière sèche (MS). La demande du troupeau est systématiquement satisfaite. Par hypothèse, le niveau moyen de production laitière par vache est donc réalisé.

En entrée du simulateur, au-delà des données structurelles (surfaces, cheptel, etc.) et de conjoncture économique, les variables concernent la production et la gestion des stocks de fourrages. Un profil de pousse de l'herbe, en année normale, est donné, pour chaque type de prairie. Ce profil peut être modifié par un jeu de coefficients mensuels, permettant de diminuer la pousse, sans préciser quel est le facteur climatique limitant (température, ETP). Puis le mode d'exploitation de chaque parcelle est défini, avec les dates de coupe et d'entrée et sortie des animaux au pâturage. Enfin, le calendrier prévisionnel de distribution du fourrage est donné pour une année normale. Le stock de fourrages dans la grange est initialisé de façon à assurer la demande pendant la période hivernale.

En fonction de la pousse de l'herbe estimée et des dates de coupe, la production de MS de fourrages stockés est calculée, en considérant un taux de perte de 12 % à la récolte. Les stocks sont distribués, avec un taux de refus de 5 %. Pour le pâturage, les animaux prélèvent jusqu'à 60 ou 70 % de la biomasse présente sur la parcelle, en fonction du climat de l'année (refus moins important les mauvaises années). S'il n'y a pas assez de biomasse disponible au pâturage, alors du foin est distribué. Inversement, lorsqu'il y a un excédent, des stocks sont réalisés. A la fin d'une séquence de pâturage, la biomasse restante est reportée comme disponible pour le pâturage de cette même parcelle à la séquence suivante. La biomasse présente est remise à zéro pendant la période hivernale. A la rentrée en bâtiment, si le stock de fourrages a été entamé par la distribution de fourrage en complément du pâturage, du foin est acheté pour atteindre la quantité suffisante pour passer la période hivernale.

En sortie, le simulateur calcule les différents éléments du bilan de la production et de l'utilisation des fourrages (en bâtiment et sur les parcelles). Il dresse un compte de résultats et calcule l'Excédent Brut d'Exploitation. Les surfaces sont considérées comme louées et le fermage est pris en compte dans ce calcul.

## 1.3. REPRESENTATION DES ALEAS CLIMATIQUES

Pour l'exploitation type, différents scénarios annuels de pousse de l'herbe sont appliqués, avec des aléas saisonniers (scénarios 1 à 7, tableau 1), qui peuvent être cumulés (scénario 8 : année mauvaise, avec un printemps court et un été sec). L'Ardèche constituant une transition entre zone méditerranéenne et zone tempérée, les scénarios sont construits de manière à rendre compte des aléas climatiques problématiques pour la pousse de l'herbe dans ces deux zones (été, printemps, automne). Dans l'optique d'évaluer la robustesse des stratégies fourragères dans des situations climatiques légèrement à extrêmement défavorables, seuls des aléas ayant un effet négatif sur la pousse de l'herbe sont pris en compte. Les éventuelles compensations entre aléas favorables et défavorables se produisant à l'échelle de l'année ne sont donc pas évaluées.

**Tableau 1** Rapport de la pousse mensuelle de l'herbe de l'année simulée à la pousse de l'herbe en année normale

scénarios	Av	Mai	Jn	Jl	At	Sp	Oc
1. dP* mauvais	0,6	1	1	1	1	1	1
2. dP très mauvais	0,3	1	1	1	1	1	1
3. PP* mauvais	1	0,6	1	1	1	1	1
4. PP très mauvais	1	0,3	1	1	1	1	1
5. Été mauvais	1	1	0,6	0,6	0,6	1	1
6. Été très mauvais	1	1	0,3	0,3	0,3	1	1
7. Automne mauvais	1	1	1	1	1	0,5	0,5
8. Année mauvaise	0,5	1	0,5	0,3	0,3	1	1

\* dP : début printemps ; PP : plein printemps

Dans les simulations, l'équilibre entre surfaces pâturées et fauchées reste identique à celui d'une année normale et les animaux reçoivent du foin en complément du pâturage si la production des pâtures est insuffisante, au printemps comme pour les saisons suivantes. Le calcul de l'EBE pour les différentes situations climatiques permet d'apprécier les conséquences des déficits de production d'herbe pour une exploitation tout juste autonome (procédure 1).

## 1.4. ANALYSE DE LA SENSIBILITE DE DIFFERENTES STRATEGIES FOURRAGERES

Une stratégie fourragère est définie par le niveau d'autonomie et les adaptations en cas de déficit. Nous avons testé différents niveaux d'autonomie fourragère. Une autonomie fourragère supérieure à 1 permet de réaliser des stocks de fourrages d'avance qui peuvent être utilisés en période déficitaire au cours de la campagne ou reportés sur l'année suivante. Le simulateur gère les stocks de foin en fonction de leur année de réalisation et le foin non utilisé au bout de 2 ans est considéré comme perdu.

Dans un premier temps, nous avons considéré le troupeau de taille constante et augmenté les surfaces de l'exploitation (de façon homothétique pour les différents types de prairies), de manière à obtenir une capacité légère de report de stocks (AF=1,1) et une capacité un peu plus forte (AF=1,2). Dans un second temps, nous avons considéré les surfaces constantes et diminué la taille du troupeau de 30 à 25 vaches (AF=1,15).

Deux procédures ont été mises en œuvre pour tester l'intérêt de ces stratégies. Dans la procédure 2, nous simulons une succession de 5 années normales pour constituer le stock maximum, suivie de 10 mauvaises années (scénario 8). La procédure 3 consiste à faire un tirage aléatoire de 10 années successives, avec des fréquences d'occurrence de 3 types

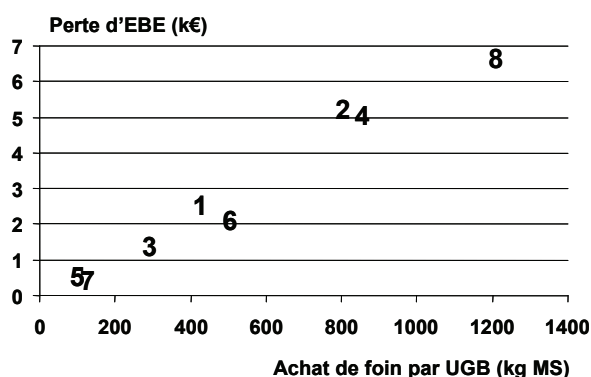
d'années : 0,5 pour l'année normale ; 0,3 pour une année avec été très sec (scénario 5) et 0,2 pour une mauvaise année (scénario 8). L'EBE moyen sur 10 ans (EBEm/10) est alors calculé. Ce tirage aléatoire est répété 1000 fois, afin d'estimer la moyenne de EBEm/10 et sa dispersion. Le nombre de 1000 tirages a été choisi, après test, pour s'assurer de la stabilisation de la variance. Plus la dispersion de EBEm/10 est forte, plus la stratégie fourragère est sensible aux aléas. Le coefficient de variation (CV), rapport de l'écart type à la moyenne de EBEm/10, donne une mesure de la sensibilité du système, en complément de l'analyse de la dispersion des résultats (minimum, maximum, premier et troisième quartiles).

## 2. RESULTATS

### 2.1. CONSEQUENCES ECONOMIQUES DES ALEAS CLIMATIQUES ANNUELS SUR UNE EXPLOITATION TYPE TOUT JUSTE AUTONOME

Pour une exploitation tout juste autonome, les déficits fourragers, pour la production de foin ou le pâturage, se répercutent directement en achat de foin. Selon les différents scénarios, évalués par la procédure 1, les achats varient de 110 à 1200 kg MS par UGB, soit de 2 à 24% de la demande théorique annuelle d'une UGB. Les pertes d'EBE varient de 400 à 6 600 euros, soit 1,3 à 20,1 % de l'EBE en année normale (fig. 1).

**Figure 1** Perte d'EBE en fonction des achats de foin par UGB pour 8 scénarios d'aléas climatiques



**EBE** : Excédent Brut d'Exploitation ; **UGB** : Unité Gros Bovin ; **MS** : Matière Sèche ; **numéro des scénarios** : voir tableau 1

Les déficits fourragers modérés sur le printemps (scénarios 1 et 3), sur l'été, qu'ils soient modérés ou forts (5 et 6) ou sur l'automne (7) ont les impacts les plus faibles. Les forts déficits sur le printemps (2 et 4) pénalisent plus fortement l'EBE, les surfaces réservées à la pâture étant insuffisantes et la constitution de stocks fortement pénalisée. Les impacts sont bien sûr plus élevés lorsque les aléas se cumulent au cours de l'année (8).

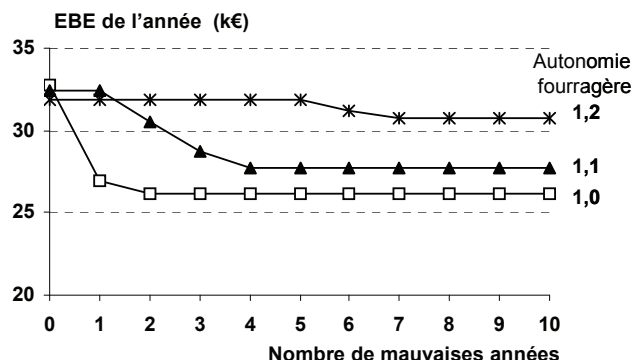
### 2.2. SENSIBILITE DES RESULTATS ECONOMIQUES AUX ALEAS CLIMATIQUES SELON LE DEGRE D'AUTONOMIE FOURRAGERE

#### 2.2.1. Augmentation de l'autonomie fourragère à taille de troupeau constante

A cheptel constant, trois niveaux d'autonomie fourragère sont testés, selon la procédure 2, en augmentant la surface fourragère. L'EBE en année normale (année 0 de la figure 2) est presque identique, au fermage et frais de récolte près qui augmentent avec la surface. Les surcapacités fourragères (AF=1,1 et AF=1,2) permettent de se passer d'achats pendant respectivement 1 et 5 mauvaises années, au-delà desquelles leurs résultats économiques se dégradent. En effet, en mauvaise année, le solde annuel foin produit – foin consommé est négatif. Le stock d'avance (maximum en année 0) est donc sollicité ; il disparaît en 1 an pour AF=1,1

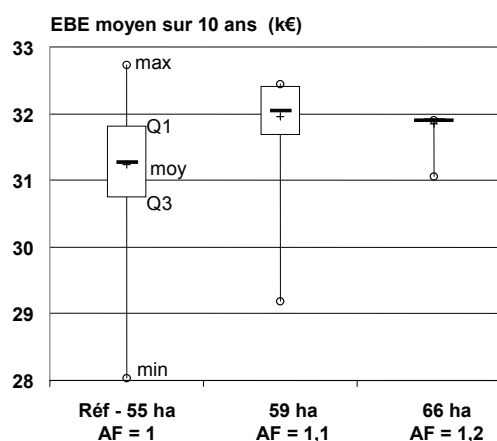
et 5 ans pour AF = 1,2. L'exploitation tout juste autonome ne dispose pas de stock d'avance et voit donc son EBE chuter dès la première mauvaise année. L'EBE atteint ensuite un palier dont la valeur est d'autant plus faible que l'exploitation achète du fourrage chaque nouvelle mauvaise année.

**Figure 2** Evolution de l'EBE au cours d'une succession de mauvaises années (scénario 8), pour trois niveaux d'autonomie fourragère (troupeau constant, surfaces variables)



La figure 3 présente une autre forme d'évaluation, en examinant les résultats sur un pas de temps de 10 années selon la procédure 3. Les achats de fourrage en années difficiles grèvent légèrement les résultats économiques de l'exploitation tout juste autonome. Son EBE moyen sur 10 ans est, en moyenne, inférieur de 710 € à celui de l'exploitation un peu plus grande (59 ha). Mais c'est surtout la dispersion des résultats moyens sur 10 ans pour 1000 tirages qui différencie les stratégies fourragères. Ainsi, pour l'exploitation avec 66 ha (AF=1,2 en année normale), le CV de EBEm/10 ans est de 0,34 %, contre 2,39 % pour l'exploitation de référence. Cette dernière exploitation peut-être qualifiée de 7 fois plus sensible que la première, en faisant le rapport des deux CV. L'autonomie de 1,1 se révèle la plus intéressante, avec la plus forte moyenne d'EBE et un CV de 1,56 %, soit 1,5 fois moins sensible que la référence.

**Figure 3** Dispersion de l'EBE moyen sur 10 ans, pour 1000 tirages de successions aléatoires de 3 types d'années (normale, été mauvais, mauvaise année), pour trois superficies de prairies, à taille de troupeau constante.



**EBE** : Excédent Brut d'Exploitation ; **ha** : hectares de prairie ; **Réf** : situation de référence, tout juste autonome en année normale ; **min** : minimum ; **max** : maximum ; **moy** : moyenne ; **Q1** : premier quartile ; **Q3** : troisième quartile

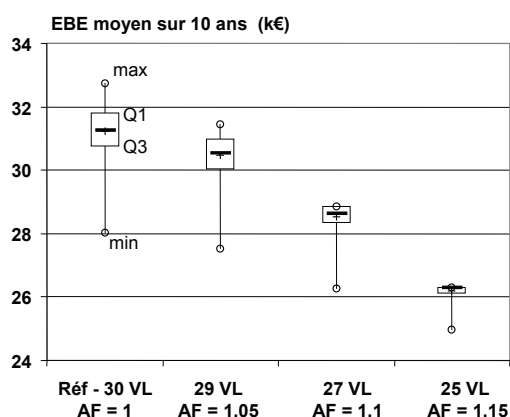
D'après ces simulations, une autonomie de 1,1 est une stratégie fourragère économiquement pertinente, permettant à la fois de maximiser l'EBE et de diminuer la sensibilité aux aléas par rapport à la stratégie tout juste autonome.

Cependant, l'augmentation de l'AF est ici obtenue par agrandissement de l'exploitation, à cheptel constant. Cet agrandissement n'étant pas toujours possible, ni socialement souhaitable. Nous avons donc également analysé la diminution de la taille du troupeau, à superficie constante.

### 2.2.2. Augmentation de l'autonomie fourragère à surface constante

La diminution du nombre de vaches à surface constante se traduit par une augmentation de l'autonomie fourragère, de 1 pour 30 VL à 1,15 pour 25 VL. Comme précédemment, l'augmentation de AF permet de diminuer la sensibilité des résultats économiques. Mais la diminution du troupeau pénalise très fortement le produit brut (le niveau de production par vache restant inchangé). L'EBE moyen sur 10 ans est fortement dégradé, passant de 31,2 à 26,3 k€ lorsque le troupeau diminue de 30 à 25 VL (figure 4)

**Figure 4** dispersion de l'EBE moyen sur 10 ans, pour 1000 tirages de successions aléatoires de 3 types d'années (normale, été mauvais, mauvaise année), pour quatre tailles de troupeau, à surface constante.



**EBE** : Excédent Brut d'Exploitation ; **VL** : nombre de vaches laitières ; **Réf** : situation de référence, tout juste autonome en année normale ; **min** : minimum ; **max** : maximum ; **Q1** : premier quartile ; **Q3** : troisième quartile

## 3. DISCUSSION

L'impact des aléas climatiques annuels sur l'exploitation tout juste autonome, relativement faible pour la plupart des scénarios simulés, est important dès lors que la pousse printanière est fortement affectée. Une diminution de 5000 € de l'EBE provoquée par un fort aléa printanier est en effet loin d'être négligeable, surtout lorsqu'elle est rapportée à un revenu, qui, d'après le RICA, est inférieur à 20000 € dans deux tiers des exploitations laitières françaises (Perrot et al., 2005).

La comparaison de l'EBE et de ses variations pour les 3 niveaux d'autonomie fait apparaître la rationalité économique du choix de l'exploitation tout juste autonome, qui est la plus fréquente dans le territoire étudié (Moulin et al., 2009). Ses résultats économiques sont certes plus sensibles aux aléas, mais le troupeau plus grand à surface constante assure un EBE plus élevé même les mauvaises années. L'existence, révélée par les enquêtes, d'exploitations présentant des niveaux d'autonomie fourragère très supérieurs à 1 en Ardèche, continue d'interroger. Leur robustesse face aux aléas climatiques a en effet un coût, individuel (perte de revenu si l'on augmente l'autonomie fourragère à surface constante) comme nos résultats l'ont montré, ou social du fait de l'agrandissement des exploitations qu'elle engendre, pour maintenir le revenu à taille de troupeau constante. Dans tous les cas, elle se traduit par une diminution de la richesse créée par unité de surface dans le territoire.

Le travail présenté illustre la diversité des formes d'évaluation de la sensibilité d'un système face aux aléas, et démontre l'intérêt de leur combinaison. La recherche du seuil de rupture (procédure 2) s'apparente à la mesure de la résistance en physique des matériaux (force nécessaire à appliquer pour faire rompre le matériau). Elle correspond ici au nombre de mauvaises années successives nécessaires pour entraîner une diminution de l'EBE. L'analyse de la dispersion des résultats d'une répétition d'un grand nombre de successions aléatoires d'années (procédure 3) fournit une évaluation plus globale de la sensibilité. Le cas étudié montre toutefois que cette analyse de la dispersion doit être complétée par la prise en compte de l'espérance des résultats économiques.

Le principal intérêt du simulateur réside dans sa capacité à représenter simplement à l'échelle infra-annuelle la pousse de l'herbe, ses aléas et la gestion fourragère de l'exploitation. Cela permet d'aborder la question des aléas climatiques de manière plus précise qu'avec des modèles d'évaluation économique reposant sur des bilans annuels. Néanmoins, la représentation du pâturage est très simplifiée, par rapport à des simulateurs comme Pâtur'In (Delaby et al., 2001) ou SEBIEN (Jouven et al., 2008). Ainsi, l'interaction entre pousse de l'herbe et son prélèvement au pâturage n'est pas prise en compte, ce qui limite les usages de l'outil. Le couplage de ce simulateur à un modèle représentant plus précisément le fonctionnement du système fourrager constitue une perspective de recherche intéressante, de manière à évaluer économiquement des adaptations plus fines face aux aléas climatiques. D'autres leviers que le report de stocks de foin pourraient ainsi être étudiés, comme l'ajustement annuel des surfaces de fauche et de pâture, les règles d'utilisation par le pâturage des différents types de prairies (période, intensité...).

## PERSPECTIVES

Dans sa forme actuelle, le simulateur permet de mettre en discussion les notions d'autonomie fourragère et de coût d'une surautonomie pour assurer une meilleure robustesse des exploitations laitières toute herbe en Ardèche. Cette mise en discussion va se faire avec les élus de la Chambre d'Agriculture sur la base des sorties du simulateur. L'outil lui-même pourra être mobilisé dans le cadre de modules de formation pour les éleveurs, sur la conduite des systèmes d'alimentation et les adaptations face aux aléas climatiques, que les différents partenaires du réseau d'acteurs du projet PSDR Climfourrel prévoient de mettre en œuvre.

*Cette étude a été menée dans le cadre d'un projet PSDR co-financé par le Conseil Régional Rhône-Alpes. Nous remercions Yoann Kerhouas pour son travail de mémoire de Master PARC (Montpellier SupAgro).*

**Cruz, P., Duru, M., Therond, O., Theau, J.P., Ducourtieux, C., Jouany, C., Al Haj Khaled, R., Ansquer, P., 2002.**

Fourrages, 172, 335-354.

**Delaby, L., Peyraud, J.L., Faverdin, P., 2001.** Fourrages, 167, 385-398.

**Jouven, M., Baumont, R., 2008.** Agricultural Systems, 96, 260-272.

**Lelièvre, F., Sala, S., Volaire, F., 2010.** Options Méditerranéennes, A n°92, 187-192.

**Moulin, C.H., Forel, E., Lelièvre, F., 2009.** Renc Rech. Rum., 16, 377.

**Perrot, C., Reuillon, J.-L., Charroin, T., 2005.** Renc. Rech. Rum., 12, 23-26.

**Ruget, F., Satger, S., Volaire, F., Lelièvre, F., 2009.** Crop Science, 49, 2379-2385.